

PROCESO DE PROYECTO DE PROTOTIPO SOLAR DECATHLON 2007: HACIA UNA METODOLOGÍA CIENTÍFICA DE PROYECTO

LAURET AGUIRREGABIRIA, BENITO, VEGA SÁNCHEZ, SERGIO; SANTAMARÍA GABALDÓN, ASUNCIÓN; GARCÍA SANTOS, ALFONSO;; ADELL ARGILES, JOSEP M^a; NEILA, JAVIER; CHAPARRO, JULIÁN; ZAZO, SANTIAGO; MIÑANO, JUAN CARLOS; LASTRES, CARMEN

Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid

Área de conocimiento Construcciones Arquitectónicas

Sobre las características del concurso Solar Decathlon 2007, al que concurre la U.P.M., ver la comunicación general de Sergio Vega Sánchez y otros autores.

Con respecto a la segunda misión de la universidad, a saber la investigación, es un tema central de debate el carácter científico de la investigación arquitectónica. En ella juega un papel importantísimo la experimentación con prototipos de viviendas, tan escasa a través de la historia y tan difícil de hacer por su elevado coste. Con motivo del concurso arriba mencionado un equipo integrado esencialmente por los grupos de investigación TISE y CEDINT de la U.P.M. está proyectando y construyendo un prototipo de vivienda para su experimentación previa y posterior al concurso (septiembre de 2006).

El objeto de esta comunicación es exponer el proceso de proyecto de este prototipo, como un intento de proceder con un método lo más riguroso posible, abierto a un equipo multidisciplinar, con la intención de tener un marco para tomar decisiones de la manera más objetiva posible.

La comunicación se articula en cuatro epígrafes diferentes:

- Definición inicial de una filosofía de proyecto que partiendo de unas exigencias de funcionalidad determinadas plantea el desarrollo de propuestas formales justificando su origen en ejemplos contruidos previamente. Se entiende así la invención como un paso adelante sobre lo ya ensayado.
- Exposición general de las fases de proyecto a través de versiones sucesivas, caracterizadas por su creciente desarrollo tecnológico. Cada versión es propuesta inicialmente a partir de unos condicionantes expresados y debatidos por el equipo y sus colaboradores. A continuación se desarrolla constructivamente para que emerjan los interrogantes correspondientes a los diferentes sistemas constructivos: sistema estructural, de cerramiento, de distribución interior y de acondicionamiento. Esto genera un desarrollo técnico que induce cambios formales y que plantea una serie de conflictos cuya propuesta de solución dará lugar a la siguiente versión.
- El desarrollo técnico de soluciones pretende escapar del carácter errático de la práctica profesional habitual, justificando las decisiones tomadas en base a unos principios objetivos propuestos como fundamentos de una *metodología científica de proyecto constructivo*: 1. El proyecto basado en la tecnología, o la aportación poética de la tecnología como generadora de forma y contenido; 2. La evolutividad de las soluciones constructivas, o el reconocimiento de los antecedentes técnicos correspondientes; 3. La coherencia constructiva, o la calidad técnica y funcional de las soluciones distinguiendo entre construcción convencional (manual o industrializada) y construcción de alta tecnología (artesanal o industrializada); 4. La naturaleza de los materiales, valorando microestructura, propiedades, expresividad, envejecimiento, costes y sostenibilidad.
- Verificación científica a conseguir mediante la ejecución del prototipo y su experimentación previa al concurso, durante el mismo, y posteriormente. Esta verificación aportará información sobre aspectos como: cambios no forzados, plazo, coste, resultado formal y espacial, habitabilidad, sostenibilidad, riesgos técnicos. Esta información será de un valor inestimable para evaluar la calidad del proyecto y la validez del método empleado.

El objetivo final de esta comunicación es proponer un método objetivo de proyecto que permita edificar el conocimiento arquitectónico sobre bases ciertas, que pudieran ser catalogadas de científicas y que sin renunciar al impulso artístico de cada proyectista proporcionaran un sistema riguroso de interpretación del desarrollo constructivo del proyecto.

Consideraciones previas: La construcción como ciencia

En la actualidad la tecnología de la construcción arquitectónica no tiene aún el carácter de ciencia. Éste es el freno fundamental para que la investigación progrese y sobre todo para que tenga el reconocimiento que merece dentro de la comunidad científica.

El enfoque científico además de conveniente es necesario, puesto que el aumento creciente de sistemas disponibles en el mercado y la responsabilidad que su uso lleva aparejada conducen a una cada vez más complicada estimación de riesgos técnicos por parte de las entidades de control y empresas de seguros. No olvidemos que esta estimación debería descansar en un conocimiento tecnológico objetivo, que solo puede alcanzarse con una investigación objetiva, rigurosa y sistemática, es decir, científica.

Buscando literatura técnica que acometa este problema tal vez haya que remontarse a Gérard Blachère¹ para encontrar una definición de la construcción como ciencia. En su libro “savoir bâtir” hace una definición de la construcción en términos de exigencias versus prestaciones. De esta manera define Blachère su *proyecto exigencial* como catálogo de todos los requisitos que debe cumplir la buena construcción. Este contraste entre exigencias y prestaciones es solo un aspecto parcial de la construcción y solo puede hacerse con garantías cuando las prestaciones son previsibles, cosa cada vez más difícil debido a la libertad formal y tecnológica con que se proyecta actualmente.

Ignacio Paricio ya se lamentaba en 1985 de la *desvinculación entre la técnica constructiva y el proceso de proyecto*². La situación no ha cambiado esencialmente. Sin embargo no basta con lamentarse sino que es preciso encontrar soluciones.

Kenneth Frampton en su libro *Estudios sobre cultura tectónica*³, se manifiesta sobre la aportación de la construcción a las formas arquitectónicas de los siglos XIX y XX, si bien afirma que la forma arquitectónica no puede ser producto únicamente de sus condicionantes constructivos. Cabe preguntarse entonces cual es o debe ser la contribución de la técnica constructiva a la generación de la forma arquitectónica.

Para James Strike⁴ los cambios tecnológicos han propiciado o inducido cambios formales importantes en la arquitectura de los últimos dos siglos. De nuevo sería interesante saber cómo afectan estos cambios a la forma arquitectónica.

¹ BLACHÈRE, GÉRARD, *Savoir bâtir: habitabilité, durabilité, économie des bâtiments*, ed. Eyrolles, Paris 1966

² PARICIO, IGNACIO, *La construcción de la Arquitectura*, ed. ITEC, Barcelona 1985

³ FRAMPTON, KENNETH, *Estudios sobre cultura tectónica: la poética de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX*, ed. Akal, Madrid 1999

⁴ STRIKE, JAMES, *De la construcción a los proyectos*, Ed. Reverté, Madrid 2004

La respuesta probablemente está en los escritos de Edward R. Ford⁵ que estudia como ha influido la tecnología en algunas de las principales obras de la arquitectura del siglo XX. Esta influencia en muchos casos aparece como inspiradora de formas a partir de tecnologías empleadas en la construcción de aviones o automóviles. Sin embargo quizá la mayor aportación de Ford es la documentación razonada de los detalles constructivos que marcan líneas evolutivas en algunos proyectos de los principales maestros del siglo XX. De ello se puede extraer una conclusión importante:

Todo proyecto que se precie debería reconocer sus antecedentes tanto tecnológicos como formales, asumiendo en el campo constructivo una tecnología de base y reivindicando, en todo caso, como originales las modificaciones o adaptaciones realizadas.

Esta declaración estaría en consonancia con el primer principio (propuesto) de la construcción como ciencia: **El proyecto basado en la tecnología.** Según este principio la tecnología es también generadora de forma.

Del mismo modo se deduce rápidamente de los escritos de Strike y Ford lo que podría ser el segundo principio de la construcción como ciencia: **La evolutividad de las soluciones constructivas.** Según este principio toda solución constructiva debe ser analizada como parte de una línea evolutiva, con sus correspondientes antecedentes, lo que en cada caso puede simplificar bastante el problema ya que se estudian solo las modificaciones y no el total.

De Blachère habría que tomar el tercero, **La coherencia constructiva**, es decir todo lo que actualmente se conoce bajo el nombre de exigencias constructivas y soluciones de comprobada efectividad. Merece capítulo aparte la llamada construcción de alta tecnología, que cada día se funde más con la construcción convencional, cuyos principios expuso Peter Rice⁶ en su libro sobre la construcción de las cristaleras de la villette, en París. Estos principios se pueden resumir en: **predicción, jerarquía, especialización funcional y confianza.** Más que principios se trata de objetivos que han de dirigir el proceso de proyecto cuando se acomete una obra de tecnología sofisticada.

Finalmente debido a la posibilidad de producir nuevos materiales y a la preocupación medioambiental, se hace imprescindible el estudio de la influencia de los materiales en la arquitectura y su construcción. Tomando prestado parte del título de un libro de Christian Norberg-Schulz sobre la arquitectura de Frank Lloyd Wright (In de nature of materials) podríamos hablar de **La naturaleza de los materiales**, como cuarto y último principio. Según este principio sería necesario analizar los materiales desde el punto de vista formal, tecnológico y medioambiental.

Tal vez sea muy discutible que estos sea realmente los principios fundamentales de la construcción arquitectónica como ciencia, pero se hace necesario un enfoque actualizado que sustituya a la ya mítica tríada vitruviana: útiles, firmes y venustas.

⁵ FORD, EDWARD R. *The Details of Modern Architecture*, ed. The MIT Press Cambridge (Mass), Londres 1990

⁶ RICE, PETER Y HUGH DUTTON, *Le verre structurel*, ed. Moniteur, Paris 1990

En resumen la tecnología arquitectónica debe integrarse más en el proceso de proyecto, desde etapas más tempranas, reconociendo además su faceta de *generadora de forma*, que tiene tanto en los motivos tecnológicos del entablamento griego, los ritmos de la perfilería de Mies, los encofrados de Ando o los bloques de Botta. Un enfoque científico de la construcción no puede soslayar los aspectos formales y estéticos: todo el desarrollo de la tecnología del vidrio estructural responde a un imperativo de índole puramente estética.

1. Filosofía de proyecto

En lo que respecta al proyecto del prototipo de la UPM para el concurso Solar Decathlon 2007 se plantea que el proceso de diseño se realice con método. De este modo se aprovechan más las aportaciones de todos los miembros del equipo y las decisiones se toman de manera razonada.

Esevidente que un prototipo de esta índole no solo se proyecta para ser construido sino que también se pone a prueba su efectividad. Por ello el proyecto *debe* estar basado en la tecnología. Sin embargo hay que coincidir con Frampton en que la tecnología no define la forma por si sola. Es inevitable por tanto que exista una fase inicial de búsqueda formal, no exenta de condicionantes tecnológicos genéricos (cubiertas con faldones a sur, accesibilidad, etc.).

Se establecen unas ideas de partida tales como dar importancia a la integración de las instalaciones en la forma arquitectónica, muy especialmente la instalación fotovoltaica. Igualmente se plantea una libertad formal con respecto a los estereotipos convencionales de vivienda. El estilo de vida y las tecnologías cambian y la arquitectura debe responder con nuevas formas a esos cambios. No ha habido a priori contradicción entre la búsqueda formal y las referencias a otras arquitecturas precedentes.

Se hacen además expresas las referencias a ejemplos concretos: los prototipos de ediciones precedentes del concurso Solar Decathlon; la tradición del movimiento moderno y las Case Study houses; las propuestas para el atelier Eyebeam en Nueva York de Leeser Architecture y de Diller y Scofidio; la tecnología aeronáutica como paradigma de integración de sofisticadas instalaciones en un diseño elegante y preciso.

2. Las versiones sucesivas

A partir de los datos y las referencias elegidas en una primera fase *divergente* o de *tormenta de ideas* en la que se invierten tres o cuatro días se realizan los primeros croquis y maquetas de cartulina⁷.

Estas ideas se someten a debate que en este caso viene presidido por la estrategia a seguir para ganar las diez pruebas del concurso, incluyendo las visitas del público asistente y las del jurado del concurso (en un proyecto normal se debatiría por ejemplo sobre el modo de vida de sus futuros ocupantes).

⁷ Ver en la página web: www.solardecathlon.upm.es imágenes de las maquetas y de modelos tridimensionales del prototipo, llamado White Wing.

Con todo ello se procede a dibujar la primera versión en CAD, llamada versión 0. Para ello se han tomado decisiones formales y geométricas sin excesiva preocupación por la exactitud, para facilitar que fluyan las ideas y se pueda contar con una versión dibujada e impresa en papel en un plazo breve.

La versión 0 aporta los componentes fundamentales en cuanto a conceptos formales y espaciales. También contiene, debido a sus referencias, posibles sistemas constructivos, con propuestas de estructura, envolvente, distribución e instalaciones. El debate ahora se plantea en términos de cómo optimizar su funcionalidad constructiva sin contradecir (o más bien reforzando y matizando) los conceptos formales y espaciales propuestos.

En el caso que nos ocupa este debate se centra en aspectos tales como la inclinación óptima de la cubierta para el aprovechamiento solar, el sombreado de las fachadas por la cubierta, el soleamiento, los condicionantes estructurales y la transportabilidad. De este debate se derivan diferentes modificaciones en el diseño que darán lugar a la versión 1.

Para refinar el diseño hay que proceder a analizar aspectos constructivos más concretos. El método propuesto es:

1. Dibujar la sección constructiva.
2. Planteamiento de la estructura en coherencia con dicha sección (estructura fría o caliente).
3. Rango de luces y secciones estructurales coherentes con los pasos anteriores.
4. Modulación estructural coherente con el reto de elementos constructivos (coordinación modular y dimensional).
5. Definición de sistemas de acondicionamiento activos y pasivos acordes con el diseño.

Estos pasos permiten hacerse la *preguntas adecuadas* sobre el funcionamiento del prototipo y permite que afloren los conflictos de cuya resolución surgirán las modificaciones correspondientes. Esto permite seguir un proceso iterativo de desarrollo de versiones sucesivas.

3. Las respuestas: el enfoque científico

En arquitectura existen soluciones constructivas predecibles, por la experiencia o por el cálculo, o impredecibles. En un prototipo como el que nos ocupa se busca deliberadamente explorar soluciones novedosas que en general aportan ciertas dosis de incertidumbre. Según lo expuesto en el epígrafe inicial sobre la construcción como ciencia la investigación de nuevas soluciones debería tener en cuenta los cuatro principios enunciados en el.

Por ejemplo el debate sobre el planteamiento estructural no puede soslayar su participación en la estética del proyecto, su aportación a la forma del mismo. Lo mismo sucedería con una instalación o un determinado cerramiento.

Tampoco podría un sistema constructivo determinado desvincularse de la línea evolutiva seguida en la escena arquitectónica. El *estado de la técnica* debe ser el estado de la técnica en *construcción arquitectónica*. Los avances técnicos en otros ramos de la

ingeniería deben ser tratados con la debida reserva. Para enfocar este problema son claves los libros de Strike y Ford.

La coherencia constructiva se alcanza por aplicación del conocimiento técnico disponible. A veces el conocimiento técnico necesario no está disponible pero puede alcanzarse con ensayos. En otros casos habrá que rendirse a la ignorancia y prescindir de lo que no proporcione la debida confianza. Por ello es evidente el papel fundamental que jega en todo ello la publicación ordenada, veraz y rigurosa del conocimiento técnico adquirido.

Finalmente la naturaleza de los materiales condiciona desde sus prestaciones, aportación a la forma y coste hasta su impacto en el medio ambiente en todo su ciclo de vida. Las decisiones sobre elección, tratamiento y reciclaje de los diferentes materiales no se realizará de espaldas al criterio científico expuesto.

4. La verificación: resultados arquitectónicos

La verificación de la bondad del método empleado en este proyecto vendrá dada por el éxito razonadamente obtenido en en cada uno de los campos siguientes:

1. Calidad formal y espacial.
2. Coste y plazo, previstos y reales.
3. Balance energético conseguido.
4. Reciclabilidad (transportabilidad del prototipo).
5. Control de riesgos técnicos (confianza).

Esta verificación se pretende realizar parcialmente durante el concurso Solar Decathlon 2007 en Washington (Septiembre de 2007) y parcialmente en la ETSAM con carácter previo y posterior a la celebración del concurso, en el marco de los proyectos PROMETEO (I+D+i) y APOLO (singular estratégico) ambos pendientes de aprobación a Julio de 2006.